

ID N° 14794 - DiVA-Method: Rheological Measurement

Cyclohexane (Rheo zur Systemlinearität)

Cyclohexan ist kein rheologisches Fluid - absolut newtonisch. Prüfung über den dynamischen Bereich dient zur Prüfung der Installation (Aldrich Cyclohexane for HPLC 99.9+%).

Sample/Ref.: **Cyclohexan** • ideal Newtonian (nearly perfect)

Results at **25,10°C**

Viscosity: $\eta_{(100,0s^{-1})} = 0,886 \pm 0,055 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, $\nu = 1,144 \pm 0,071 \text{ mm}^2/\text{s}$

2,7 x 30 shear rates dec. $\cdot \exp(830 \rightarrow 0,72) \cdot s^{-1}$, resolves $K=0,8949 \text{ mPa}\cdot\text{s}^{0,9975}$ and $n=0,9975$ with $\tau^0 = 23,95 \text{ }\mu\text{Pa}$,

Density: $\rho = 0,77400 \pm 0,000064 \text{ g/cm}^3$

Report

• 1. MESSPRINZIP

Die 'DiVA'-Methode beruht auf Kraftmessungen an einem Zylinder, der sich in einem zylindrischen Messgefäß mit der Probenflüssigkeit befindet. Dabei ist der zylindrische Messkörper über eine Aufhängung mit einem Kraftsensor verbunden. Das Gefäß wird durch die Plattform vertikal bewegt und positioniert. Wird die Plattform nach unten bewegt, so fließt das Probenfluid um den stillstehenden Messzylinder durch den ringförmigen Spalt. Die lineare Strömung entlang der Messkörperoberfläche überträgt dadurch eine Kraft. Das ist die Schubspannung, die genau der Viskosität der Probe entspricht. - Eine Relativgeschwindigkeit zwischen den Zylindern fördert parallel ein exakt proportionales Probenvolumen durch den Ringspalt. Das Strömungsprofil ist durch die geometrischen Verhältnisse definiert, Geschwindigkeit, Strömung, Kraft folgen exakt dem *Navier-Stokes'schen* Fundament, so wie das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz. M5 DiVA ermöglicht unter Berücksichtigung von Aufhängungs- und Auftriebseffekten sowie der Strömungskinetik eine sehr genaue Bestimmung der absoluten Viskosität. Für nicht so normale Flüssigkeiten wird *Viskosität 'scheinbare Viskosität'* genannt. Gegenüber Rotationsviskosimetern ist bei M5 DiVA die Kohärenz- und Integrität der Messung hervorzuheben (keine Oberflächeneffekte, Wirbelbildung, Zentrifugalkräfte, Lagerreibung und unklare Scher-historien) wodurch sich ein Qualitätsunterschied definiert.

Über die Variation der Strömungsgeschwindigkeit wird die Rheometerfunktion angesprochen - d.h. die Messung der 'Viskosität' in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit. Dem hier durchmessenen Bereich 0,72 bis 829,52 /s kommt technisch die Bedeutung von *Oberflächenverlauf* bis etwa *kräftigem Pumpen, Rakeln* zu. -- Bei Stillstand wirkt auf den Messkörper die Auftriebskraft. - Die Dichte ρ (*spezifische Masse*) gibt die Stoffmenge an, die in einem Volumen vorliegt. Sie ist ebenfalls eine sehr temperatur- und wenig druckabhängige Stoffkonstante. Die Dichte der untersuchten Flüssigkeit wurde simultan (sequenziell) mittels Auftriebswägung am ruhenden Zylinder-Messkörper bestimmt: Diese *hydrostatische Wägung* basiert darauf, dass "ein in einer Flüssigkeit untertauchender Körper (Messkörper) um den Betrag leichter erscheint, wie die seinem Volumen entsprechende Flüssigkeitsmenge wiegt." Damit aus der Auftriebskraft des Messkörpers die Dichte exakt berechnet werden kann, ist das Messkörpervolumen unter vorliegenden Umständen entscheidend - entsprechendes gilt hinsichtlich der geometrischen Verhältnisse und der Geschwindigkeit für die Viskositätsmessung -

- IMETER M5 DiVA-Resultate sind metrologisch rückführbar und kohärent mit Ergebnissen aus Referenzverfahren (Kapillarviskosimeter, Pyknometer). Referenz M5 DiVA <https://imeter.de/?view=article&id=73> - Beispiele & Auftragsmessungen über www.imeter.de/?view=article&id=58 - Beispiele & Auftragsmessungen über www.imeter.de/?view=article&id=58

• 2. ÜBERSICHT

Die Viskosität wurde 80-mal gemessen, die Dichte 87-mal. Messdauer eine Stunde; Temperaturänderung im Bereich von 25,01 bis 25,12°C. .

• 3. VISKOSITÄTS - MESSUNG

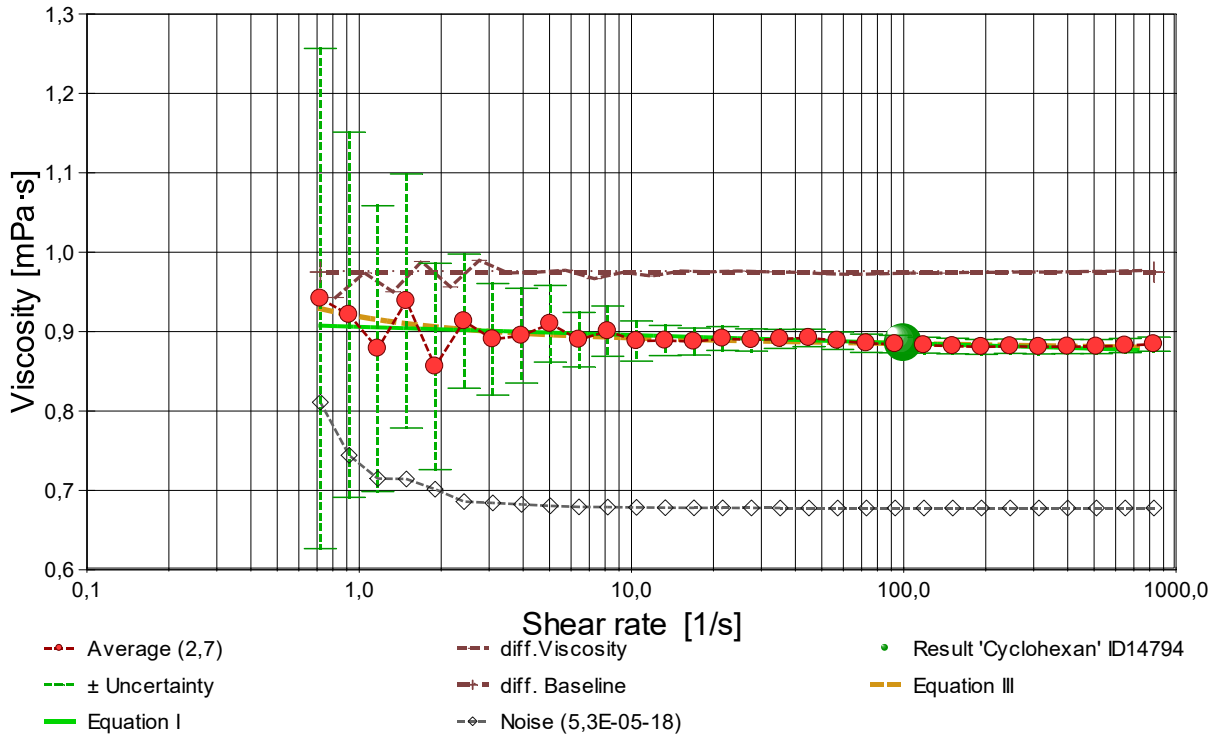
Temperatur **Cyclohexan-Probe** in Rheometrie-Messung: $25,070 \pm 0,016 \text{ }^\circ\text{C}$, Zeitbereich: 1,3 bis 75,8 Minuten. Die 80 Viskositätsmesswerte wurden mit 30 unterschiedlichen Schergeschwindigkeiten ($\dot{\gamma}$) ermittelt und analysieren den Bereich zwischen 0,72 bis 829,52 s^{-1} wobei die Viskosität (η) Werte zwischen 0,847 bis 0,995 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ erreicht. Die Ergebnisangabe der Messung $0,8855 \pm 0,055 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ für $\dot{\gamma}=100,0 \text{ s}^{-1}$ wurde aus einer Regressionsgleichung zu den Messwerten kalkuliert:

$$\eta_{25,1^\circ\text{C}} [\text{mPa}\cdot\text{s}] = f(\dot{\gamma}[1/\text{s}]) = 0,90601 \cdot \dot{\gamma}^{(-0,0049674)}$$

Gleichung I, $r^2=0,3$, $\sigma \pm 0,016\%$

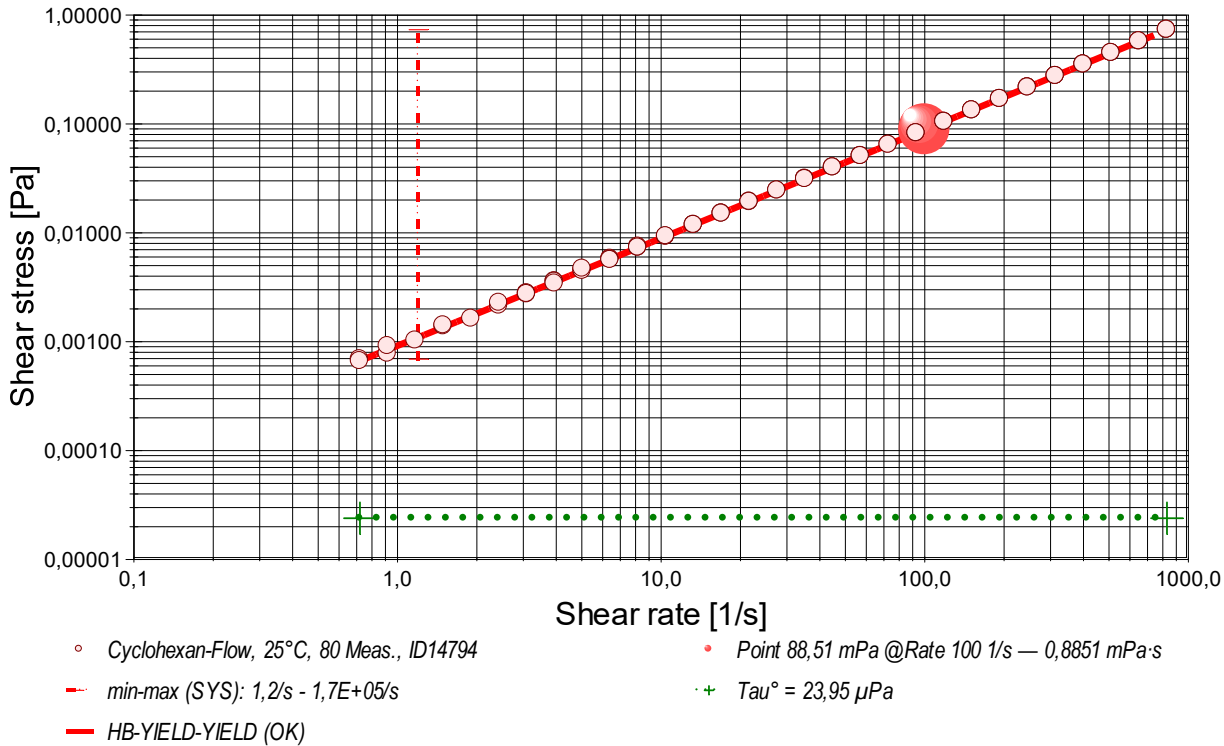
- Die Regressionsgleichung kombiniert die Menge der Messwerte. (sie hat 'zufällig' die gleiche Form, wie das empirische Ostwald/de Waale - Potenzgesetz, vgl. Gleichung III) Zur Qualitätsbeurteilung, wie gut die Messwerte durch die Regressionsgleichung abgebildet werden, wird der Standardfehler als Gauß'sche Unsicherheit d.h. als *RMSPE (Root Mean Square Percentage Error)* bestimmt, der Wurzel aus dem mittleren quadratischen relativen Fehler. Diese Messunsicherheit wird als relative Standardabweichung " $\sigma \pm U\%$ " der Regressionsgleichung ausgewiesen.

- *Diagramm 1. Viskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit - 'Viskositätskurve-Lin-Log'*



- Das Diagramm 2, "Viskositätskurve-Lin-Log", zeigt die Viskositätswerte η als rote, kugelförmige Markierungen. Senkrechte, grün gezeichnete Linien markieren zugehörige Werte der Messunsicherheit ($\pm 2\sigma$, Tabelle III). Die Ausgangsdaten stammen von einer Messwert-Mittelung über gleiche Scherraten in den drei durchlaufenen Zyklen. (vgl. *Zeit-Visko-Chart*). Der numerische Differenzenquotient der 30 Scherraten (diff.Viscosity) ist als relative Kurve mit zugehöriger Basislinie mit $d\eta/d\ln(\dot{\gamma}) = 0$ eingezeichnet. Der Verlauf der Viskositätsänderung bietet mitunter exakt lokalisierbare rheologische Qualitäten: ein Kurvenverlauf über der Nullbezugslinie ('diff.Baseline') bedeutet Dilatanz, unter Null liegt Strukturviskosität vor, eine Differenziallage, auf oder dicht an der Null-Linie, drückt newtonische Proportionalität aus. Mit rautenförmigen Marken wird 'Noise' (als strukturell-dissipatives Merkmal der Schergredienten Fluktuation) angezeigt. Die zwei Regressionsgraphen nach Gleichung I und Gleichung III zeigen im Diagramm die mathematischen Näherungen an die Messwerte.

- Diagramm 2. Verhältnis von Schubspannung und Schergeschwindigkeit - 'Fließkurve (log)'



- Die dynamische Viskosität ist definiert als das Verhältnis von Schubspannung zu Schergeschwindigkeit ($\eta = \tau / \dot{\gamma}$) und ist für newtonsche Fluide zu allen Verhältnisse von τ und $\dot{\gamma}$ konstant. - Das Diagramm 3, "Fließkurve (log)", zeigt die Lage der einzelnen Messwerte in den Koordinaten von Schergeschwindigkeit und Schubspannung. Der Verlauf markiert die sog. Fließkurve. Zu den Werten ist die Regressionsfunktion (Gleichung II) gemäß Herschel & Buckley (HB) eingezeichnet.

Die rheologischen Verhältnisse in Cyclohexan bei 25°C beschreibt die Gleichung II insgesamt ausgezeichnet:

$$\tau \text{ [Pa]} = 0,00002395 + 8,949 \cdot 10^{-4} \cdot \dot{\gamma}^{0,9975} \quad \text{Gleichung II, } r^2 = 0,999984, \sigma \pm 1,9\%$$

Fließgrenze ($\tau^0 = 23,95 \mu\text{Pa}$), Konsistenz ($K = 0,8949 \text{ mPa}$) und Fließindex ($n = 0,9975$) charakterisieren das Fließverhalten der Cyclohexan-Probe; die Kennzahlen ergeben sich aus dem geläufigen Potenzgesetz. Die Ableitung von Gl.II nach der Schergeschwindigkeit ($\dot{\gamma} \rightarrow \ddot{\gamma}$) ergibt die Gleichung III zur Beschreibung der Viskosität als Funktion der Scherung:

$$\eta \text{ [mPa}\cdot\text{s]} = 0,02395 \cdot \dot{\gamma}^{-1} + 0,8949 \cdot \dot{\gamma}^{-0,0025} \quad \text{Gleichung III, } r^2 = 0,30, \text{VK} = 2,3\%, \sigma \pm 1,9\%$$

Der Flow-Index n klassifiziert die Cyclohexan-Probe: • **Newtonsche Idealdynamik**.

• Geringe strukturelle Kohäsion detektiert. Die Fließgrenze fungiert als initiale Barriere, gefolgt von rascher viskoser Relaxation.

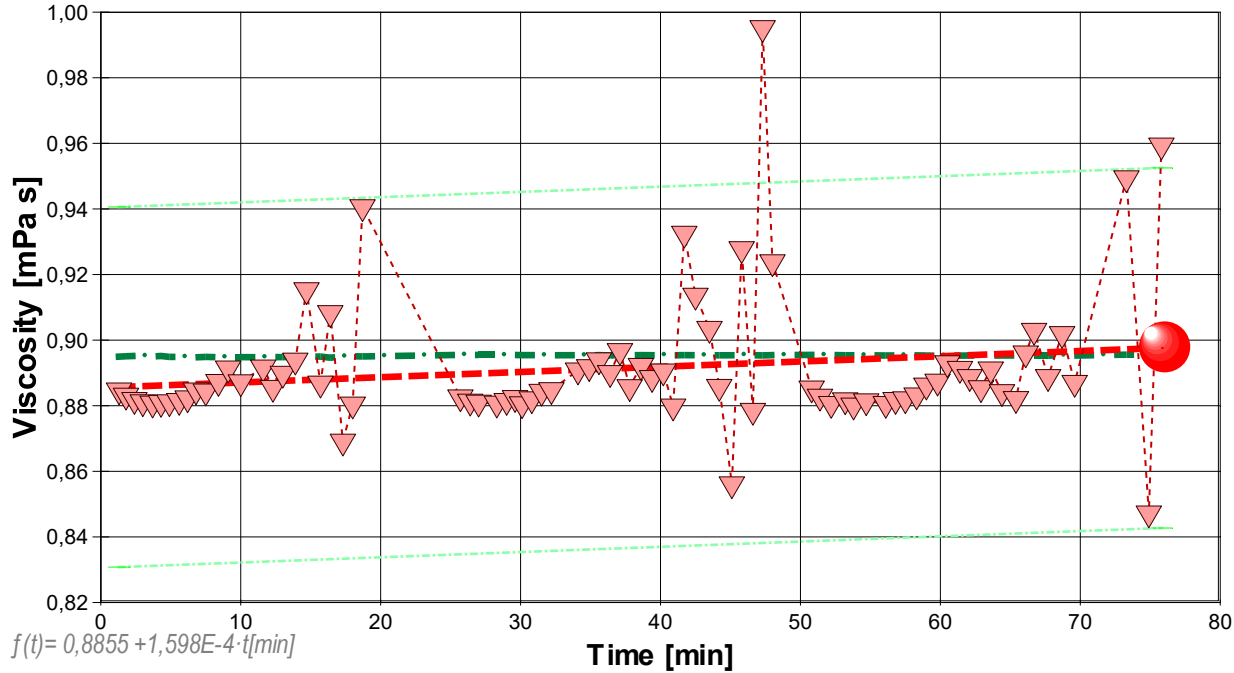
- Der Yield Stress ist konsistent mit der strukturellen Viskosität der Probe.
- Der Verlauf des $\tau/\dot{\gamma}$ -Differenzials im Viskositätsdiagramm ermöglicht die Beurteilung spezifischer Flußmodifikatoren anhand des Verlaufs der *differenziellen Viskosität* ($\dot{\gamma}$).

- Die Begriffe 'Yield Stress', 'Fließgrenzspannung', 'Fließgrenze' sind synonym, um eine *Rigidität* am quasi ruhenden Fluid zu quantifizieren. Der ausgewiesene Wert von $\tau^0 = 23,95 \mu\text{Pa}$ befindet sich unterhalb gewöhnlicher Anzeigemöglichkeit; es fehlen Vergleichsdaten.

¹M5 DiVA - *DifferentialViscosity-Axio-rheometry*. M5 DiVA means real-flow-Rheometry.

- <Bitte beachten: die automatisch erzeugten Texte und Gleichungen sind grundsätzlich mit Vorsicht zu betrachten. So könnte hier zu klären sein, ob tatsächlich ein newton'sches Verhalten anzunehmen ist. Verfahren und aufbereitete Ergebnisse erfordern Expertise und fachmenschliche Besprechung.>

- Diagramm 4. Der zeitliche Verlauf der Viskositätswerte - 'eta-f(t)'



- ▽ - IDN°14794, 80 Measurements, 2,7 cycles, dec. ± 6,2%

- - - ref. 'Cyclohexan'

- - - Cyclohexan, lin. equation f(t)

- - - 76,1[min]: 0,8855 mPa·s

- Im Diagramm 4, "eta-f(t)", sind die einzelnen Messwerte als Dreiecke in zeitlicher Sequenz abgebildet. Die Darstellung zeigt die Viskositätswerte entsprechend der Chronologie der angewendeten Scherraten. Referenzwerte werden zum jeweiligen Zeitpunkt temperaturgetreu dargestellt.

Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Daten und Ergebnisse der Viskositätsmessung. Weiter unten folgen die Tabellen 2 und 3, wodurch eine vollständige Datenkollektion zu Rückverfolgbarkeit, Diagnose und Überprüfung der Sachverhalte mit diesem Report vorliegt.

Tabelle 1: Daten der Viskositätsmessung

N° IDN°14794	t [min]	θ [°C]	η [mPa·s]	v _z [mm/s]	F _z [mN]	τ [Pa]	v _{max} [mm/s]	γ̇ [s ⁻¹]	Re [Zahl]
1.	1,3	25,089	0,8847	24,99	12,6789	0,7339	179,6	829,52	185
2.	1,8	25,081	0,8831	19,61	9,9282	0,5746	140,9	650,71	145
3.	2,4	25,075	0,8818	15,37	7,7741	0,4500	110,5	510,26	114
4.	3,0	25,071	0,8811	12,05	6,0897	0,3525	86,62	400,03	89,4
5.	3,7	25,086	0,8807	9,451	4,7730	0,2763	67,92	313,67	70,2
6.	4,3	25,075	0,8809	7,415	3,7456	0,2168	53,29	246,11	55,0
7.	4,9	25,094	0,8811	5,812	2,9364	0,1700	41,77	192,90	43,1
8.	5,6	25,094	0,8815	4,561	2,3053	0,1334	32,78	151,38	33,8
9.	6,2	25,094	0,8823	3,576	1,8089	0,1047	25,70	118,68	26,5
10.	6,8	25,103	0,885	2,803	1,4218	0,0823	20,1	93,02	21
11.	7,5	25,094	0,884	2,198	1,1147	0,0645	15,8	72,96	16
12.	8,4	25,102	0,887	1,724	0,8770	0,0508	12,4	57,21	13
13.	9,1	25,100	0,8914	1,352	0,6909	0,03999	9,714	44,860	9,92
14.	10,0	25,100	0,887	1,060	0,5392	0,0312	7,62	35,18	7,8
15.	11,6	25,101	0,892	0,6519	0,3333	0,0193	4,69	21,64	4,8
16.	12,3	25,099	0,886	0,5113	0,2596	0,0150	3,67	16,97	3,8
17.	13,0	25,100	0,890	0,4010	0,2046	0,0118	2,88	13,31	2,9
18.	13,9	25,095	0,894	0,3145	0,1612	0,00933	2,26	10,44	2,3
19.	14,7	25,087	0,915	0,2465	0,1294	0,00749	1,77	8,183	1,8
20.	15,7	25,088	0,887	0,1933	0,0983	0,00569	1,39	6,417	1,4
21.	16,4	25,111	0,908	0,1516	0,0790	0,00457	1,09	5,032	1,1
22.	17,3	25,085	0,869	0,1189	0,0593	0,00343	0,855	3,947	0,89
23.	18,0	25,082	0,880	0,09326	0,0471	0,00273	0,670	3,095	0,69
24.	18,7	25,085	0,941	0,07312	0,0394	0,00228	0,526	2,427	0,51
[25.	19,4	25,110	0,87	0,05734	0,0286x	0,0017	0,41	1,90	0,4]*
[26.	20,9	25,096	0,96	0,04496	0,0248x	0,0014	0,32	1,49	0,3]*
[27.	21,6	25,096	0,88	0,03524	0,0178x	0,0010	0,25	1,17	0,3]*
[28.	22,3	25,067	0,89	0,02765	0,0141x	8,2E-04	0,20	0,918	0,2]*
[29.	23,2	25,057	0,91	0,02169	0,0114x	6,6E-04	0,16	0,720	0,2]*
30.	25,7	25,053	0,8826	24,99	12,6484	0,7321	179,6	829,51	185
31.	26,4	25,051	0,8813	19,61	9,9081	0,5735	140,9	650,71	145
32.	27,0	25,055	0,8810	15,37	7,7662	0,4495	110,5	510,26	114
33.	28,3	25,055	0,8807	12,05	6,0867	0,3523	86,62	400,03	89,5

34.	29,0	25,056	0,8815	9,451	4,7769	0,2765	67,92	313,67	70,1
35.	29,6	25,055	0,8824	7,415	3,7521	0,2172	53,29	246,11	55,0
36.	30,1	25,058	0,8805	5,812	2,9346	0,1699	41,77	192,90	43,2
37.	30,8	25,058	0,8820	4,561	2,3067	0,1335	32,78	151,38	33,8
38.	31,5	25,061	0,8843	3,576	1,8131	0,1049	25,70	118,67	26,4
39.	32,2	25,060	0,885	2,803	1,4220	0,0823	20,1	93,02	21
40.	34,1	25,059	0,891	1,724	0,8805	0,0510	12,4	57,21	13
41.	34,9	25,062	0,892	1,352	0,6912	0,0400	9,71	44,86	9,9
42.	35,6	25,058	0,894	1,060	0,5433	0,0314	7,62	35,18	7,8
43.	36,4	25,064	0,890	0,8312	0,4242	0,0246	5,97	27,59	6,1
44.	37,1	25,061	0,897	0,6519	0,3352	0,0194	4,69	21,64	4,8
45.	37,8	25,060	0,886	0,5113	0,2597	0,0150	3,67	16,97	3,8
46.	38,6	25,058	0,892	0,4010	0,2052	0,0119	2,88	13,31	2,9
47.	39,4	25,060	0,888	0,3145	0,1602	0,00927	2,26	10,44	2,3
48.	40,2	25,054	0,890	0,2465	0,1259	0,00729	1,77	8,183	1,8
49.	40,9	25,061	0,880	0,1933	0,0975	0,00565	1,39	6,417	1,4
50.	41,7	25,058	0,933	0,1516	0,0811	0,00469	1,09	5,032	1,1
51.	42,5	25,059	0,914	0,1189	0,0623	0,00361	0,855	3,947	0,85
52.	43,5	25,062	0,903	0,09326	0,0483	0,00280	0,670	3,095	0,68
53.	44,2	25,061	0,886	0,07312	0,0371	0,00215	0,525	2,427	0,54
54.	45,1	25,060	0,86	0,05733	0,0281x	0,0016	0,41	1,90	0,4
55.	45,8	25,053	0,93	0,04495	0,0239x	0,0014	0,32	1,49	0,3
56.	46,6	25,061	0,88	0,03524	0,0178x	0,0010	0,25	1,17	0,3
57.	47,3	25,063	1,00	0,02765	0,0158x	9,1E-04	0,20	0,918	0,2
58.	48,0	25,057	0,92	0,02169	0,0115x	6,7E-04	0,16	0,720	0,2
59.	50,8	25,053	0,8853	24,99	12,6876	0,7344	179,6	829,51	185
60.	51,4	25,055	0,8828	19,61	9,9246	0,5744	140,9	650,71	145
61.	52,2	25,056	0,8806	15,37	7,7630	0,4493	110,5	510,26	114
62.	53,2	25,060	0,8817	12,05	6,0938	0,3527	86,62	400,03	89,4
63.	53,8	25,061	0,8801	9,451	4,7698	0,2761	67,92	313,67	70,2
64.	54,7	25,062	0,8814	7,415	3,7478	0,2169	53,29	246,11	55,0
65.	56,1	25,065	0,8806	5,812	2,9347	0,1699	41,77	192,90	43,2
66.	56,8	25,063	0,8818	4,561	2,3060	0,1335	32,78	151,38	33,8
67.	57,5	25,063	0,8820	3,576	1,8085	0,1047	25,70	118,67	26,5
68.	58,3	25,063	0,883	2,803	1,4195	0,0822	20,1	93,02	21
69.	59,0	25,066	0,886	2,198	1,1170	0,0647	15,8	72,96	16
70.	59,8	25,073	0,887	1,724	0,8772	0,0508	12,4	57,21	13
71.	60,5	25,068	0,893	1,352	0,6921	0,0401	9,71	44,86	9,9
72.	61,4	25,068	0,891	1,060	0,5417	0,0314	7,62	35,18	7,8
73.	62,1	25,065	0,889	0,8312	0,4237	0,0245	5,97	27,59	6,1
74.	62,9	25,065	0,885	0,6519	0,3310	0,0192	4,69	21,64	4,8
75.	63,6	25,068	0,891	0,5113	0,2613	0,0151	3,67	16,97	3,8
76.	64,4	25,065	0,884	0,4010	0,2033	0,0118	2,88	13,31	3,0
77.	65,4	25,064	0,882	0,3145	0,1591	0,00921	2,26	10,44	2,3
78.	66,1	25,064	0,896	0,2465	0,1267	0,00733	1,77	8,183	1,8
79.	66,7	25,067	0,903	0,1933	0,1001	0,00579	1,39	6,417	1,4
80.	67,7	25,067	0,889	0,1516	0,0773	0,00447	1,09	5,032	1,1
81.	68,7	25,063	0,902	0,1189	0,0615	0,00356	0,855	3,947	0,86
82.	69,6	25,066	0,887	0,09326	0,0474	0,00275	0,670	3,095	0,69
[83.	70,9	25,065	4,61	0,07312	0,1933	0,0112	0,526	2,427	0,10]*
[84.	72,6	25,065	10,9	0,05734	0,3588	0,0208	0,412	1,903	0,034]*
85.	73,3	25,048	0,95	0,04496	0,0245x	0,0014	0,32	1,49	0,3
[86.	74,1	25,063	1,0	0,03524	0,0208x	0,0012	0,25	1,17	0,2]*
87.	74,9	25,050	0,85	0,02765	0,0134x	7,8E-04	0,20	0,918	0,2
88.	75,8	25,061	0,96	0,02169	0,0119x	6,9E-04	0,16	0,720	0,1

*[Beiträge der Messung N° 25, 26, 27, 28, 29, 83, 84, 86 wurden durch den Prüfer von den Resultaten ausgenommen.]

Tabellensymbole: t Zeitpunkt [min], θ Temperatur [°C], η Messwert Viskosität [mPa·s], v_z Beweg- bzw. Relativgeschwindigkeit zwischen Messkörper und Röhre [mm/s], F_z viskositätsbedingte Kraft am Messkörper [mN], τ Schubspannung [Pa], v_{max} maximale Strömungsgeschwindigkeit [mm/s], $\dot{\gamma}$ Schergeschwindigkeit [s⁻¹], Re Reynoldszahl.

- Tabelle 1 listet die wesentlichen Kennzahlen zu den einzelnen Messungen auf. Die zentrale Messgröße ist in der Spalte F_z angegeben; sie ist die 'rein-viskose' Kraft und zentrale Größe für die Berechnung der Viskosität durch die IMETER-Ringspaltgleichung. Sie wird nach Korrekturen aus der stationären Kraft (F_w) erhalten. Berücksichtigt werden die Auftriebskräfte von Zylinder (F_p) und Aufhängung (F_{hp}), der geschwindigkeitsproportionale Druckverlust durch die kinetische Energie und die Reibung in der Einlaufzone des Ringspalt (F_ζ), die viskose Reibung der Messzylinder-Aufhängung im Medium ($F_{h\eta}$), die rekursiv bestimmt wird, sowie ein konstanter Beitrag F_θ , der die *Meniskus-Kraft* ausgleicht - d.i. die sehr kleine dynamische Zusatzkraft durch die Benetzungsdynamik der Phasengrenze zwischen Suspension (Messkörperraufhängung) und Probenoberfläche. Die reibungsbedingte Kraft am Messkörper ergibt sich aus $F_z = F_w - F_p - F_{hp} - F_\zeta - F_{h\eta} - F_\theta$. Die Korrekturen sind in der nächsten Tabelle aufgeschlüsselt, (F_θ wird in den Konfigurationsangaben aufgeführt). Das Zeichen "x" kennzeichnet solche F_z -Werte, die eine (zu) große Standardabweichung aufweisen ($\sigma > 1\%$) und evtl. fehlerbehaftet sind. Die Schubspannung τ entspricht der rein durch die Viskosität des Mediums je Quadratmeter der Zylindermantelfläche ausgeübten Kraft. v_{max} ist die Maximalgeschwindigkeit eines Newton'schen Fluids im Ringspalt relativ zum Messzylinder. Sie ergibt sich aus der Bewegungsgeschwindigkeit und dem geometrischen Aufbau. Die mittlere Geschwindigkeit (nicht in der Tabelle ausgegeben; $v_m = v_z \cdot ra^2 / (ra^2 - ri^2)$), mit ra Röhrenradius und ri Zylinderradius) wird für die Berechnung der Reynoldszahl benötigt. $Re = \rho \cdot v_m \cdot d / \eta$, mit der charakteristischen Länge d , die (wie bei Rohrströmungen) für den Ringspalt aus dem hydrodynamischen Radius mit $d = 2(ra - ri)$ berechnet wird. Die Scherrate, Schergeschwindigkeit oder Deformation $\dot{\gamma}$, die für die Berechnung verwendet werden, ist berechnet als Geschwindigkeitsgradient unmittelbar an der Zylinderoberfläche.

Tabelle 2, Detaildaten zur Viskositätsmessung I.

N°	F_w	σ_{Fw}	$\sigma_{Fw\ rel}$ -- Alle Werteinträge in [mN] --	F_p	F_{hp}	F_ζ	$F_{h\eta}$	N/n Datenauswahl
1.	440,1932	0,008319	19 ppm	426,2040	0,003553	1,31	8,97E-04	7/18
2.	436,9373	0,002088	4,8 ppm	426,2030	0,003751	0,806	7,42E-04	10/24
3.	434,4702	0,002688	6,2 ppm	426,2005	0,003621	0,496	5,61E-04	14/31
4.	432,5979	0,01192	28 ppm	426,2040	0,003755	0,305	4,55E-04	19/42
5.	431,1643	0,004224	9,8 ppm	426,2044	0,003766	0,187	3,58E-04	19/41
6.	430,0640	0,006437	15 ppm	426,2038	0,003810	0,115	2,84E-04	23/50
7.	429,2082	0,008549	20 ppm	426,2016	0,003789	0,0709	2,22E-04	33/69
8.	428,5512	0,01054	25 ppm	426,2030	0,003781	0,0436	1,74E-04	29/61
9.	428,0384	0,008658	20 ppm	426,2035	0,003814	0,0268	1,37E-04	32/67
10.	427,6390	0,00790	18 ppm	426,2015	0,00381	0,0165	1,08E-04	35/74

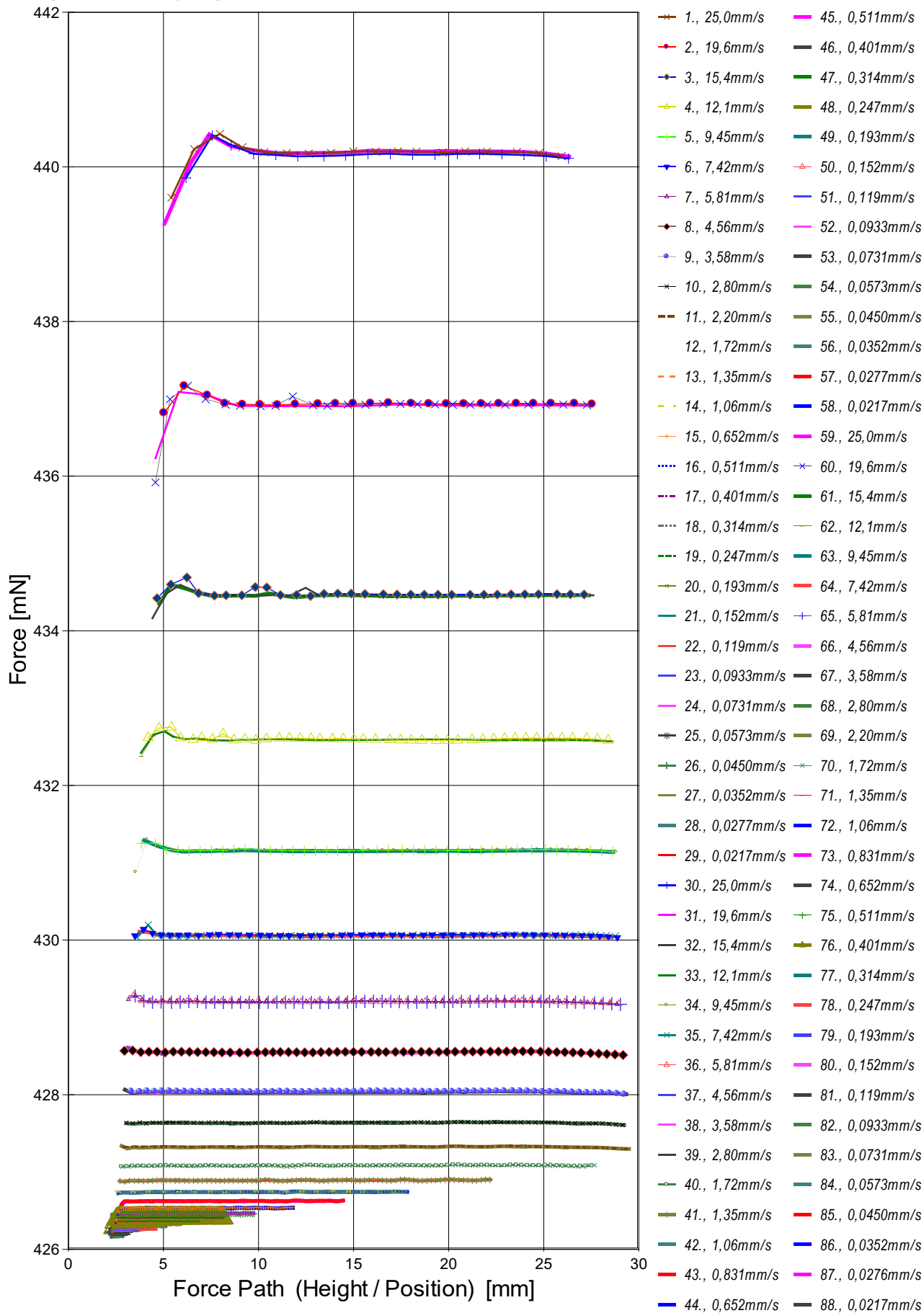
11.	427,3272	0,00897	21 ppm	426,2032	0,00383	0,0101	8,50E-05	41/85
12.	427,0862	0,00387	9,1 ppm	426,2036	0,00359	0,00623	6,27E-05	40/83
13.	426,8967	0,001980	4,6 ppm	426,2020	0,002971	0,00383	4,09E-05	40/83
14.	426,7459	0,00300	7,0 ppm	426,2039	0,00247	0,00236	2,66E-05	37/77
15.	426,5370	0,00207	4,9 ppm	426,2017	0,00178	8,91E-04	1,18E-05	36/75
16.	426,4653	0,00226	5,3 ppm	426,2038	0,00155	5,48E-04	8,03E-06	39/82
17.	426,4082	0,00197	4,6 ppm	426,2017	0,00136	3,37E-04	5,55E-06	40/83
18.	426,3649	0,00198	4,6 ppm	426,2018	0,00122	2,07E-04	3,91E-06	40/83
19.	426,3304	0,00247	5,8 ppm	426,1991	0,00110	1,28E-04	2,85E-06	40/83
20.	426,3039	0,00147	3,4 ppm	426,2036	0,00102	7,84E-05	1,99E-06	40/83
21.	426,2829	0,00229	5,4 ppm	426,2019	9,44E-04	4,82E-05	1,48E-06	40/83
22.	426,2644	0,00214	5,0 ppm	426,2031	8,87E-04	2,97E-05	1,05E-06	40/83
23.	426,2512	0,00219	5,1 ppm	426,2021	8,43E-04	1,82E-05	7,91E-07	40/83
24.	426,2413	0,00150	3,5 ppm	426,1997	8,10E-04	1,12E-05	6,36E-07	40/83
[25.	426,2338	0,0025	5,9 ppm	426,2031	7,8E-04	6,90E-06	4,45E-07	40/83]*
[26.	426,2278	0,0020	4,7 ppm	426,2009	7,6E-04	4,24E-06	3,76E-07	40/83]*
[27.	426,2219	0,0013	3,1 ppm	426,2019	7,5E-04	2,61E-06	2,64E-07	40/83]*
[28.	426,2163	0,0017	3,9 ppm	426,2000	7,3E-04	1,60E-06	2,06E-07	39/82]*
[29.	426,2151	0,0019	4,5 ppm	426,2016	7,2E-04	9,87E-07	1,64E-07	40/83]*
30.	440,1579	0,009777	22 ppm	426,1991	0,003641	1,31	9,17E-04	7/18
31.	436,9155	0,002111	4,8 ppm	426,2012	0,003752	0,806	7,40E-04	7/18
32.	434,4620	8,832E-04	2,0 ppm	426,2002	0,003675	0,496	5,68E-04	14/32
33.	432,5880	0,004373	10 ppm	426,1970	0,003769	0,305	4,57E-04	20/44
34.	431,1616	0,005592	13 ppm	426,1978	0,003744	0,187	3,56E-04	18/40
35.	430,0647	0,002614	6,1 ppm	426,1978	0,003802	0,115	2,84E-04	24/51
36.	429,2042	0,007728	18 ppm	426,1994	0,003802	0,0709	2,22E-04	26/56
37.	428,5504	0,009191	21 ppm	426,2008	0,003794	0,0436	1,74E-04	34/71
38.	428,0396	0,007052	16 ppm	426,2004	0,003801	0,0268	1,37E-04	36/76
39.	427,6382	0,00729	17 ppm	426,2005	0,00382	0,0165	1,08E-04	35/74
40.	427,0849	0,00431	10 ppm	426,1988	0,00360	0,00623	6,30E-05	40/83
41.	426,8949	0,00431	10 ppm	426,1999	0,00299	0,00383	4,11E-05	40/83
42.	426,7439	0,00298	7,0 ppm	426,1978	0,00248	0,00236	2,68E-05	39/82
43.	426,6263	0,00300	7,0 ppm	426,1998	0,00209	0,00145	1,77E-05	40/83
44.	426,5343	0,00300	7,0 ppm	426,1971	0,00179	8,91E-04	1,19E-05	40/83
45.	426,4627	0,00200	4,7 ppm	426,2011	0,00155	5,48E-04	8,01E-06	40/83
46.	426,4069	0,00223	5,2 ppm	426,1998	0,00137	3,37E-04	5,58E-06	40/83
47.	426,3629	0,00227	5,3 ppm	426,2008	0,00122	2,07E-04	3,88E-06	40/83
48.	426,3280	0,00262	6,1 ppm	426,2002	0,00110	1,28E-04	2,77E-06	37/77
49.	426,3012	0,00190	4,5 ppm	426,2017	0,00102	7,84E-05	1,97E-06	36/76
50.	426,2804	0,00228	5,4 ppm	426,1973	9,43E-04	4,82E-05	1,52E-06	39/82
51.	426,2628	0,00230	5,4 ppm	426,1985	8,86E-04	2,97E-05	1,10E-06	40/83
52.	426,2499	0,00148	3,5 ppm	426,1995	8,44E-04	1,82E-05	8,12E-07	40/83
53.	426,2400	0,00162	3,8 ppm	426,2008	8,09E-04	1,12E-05	5,98E-07	39/81
54.	426,2320	0,0023	5,3 ppm	426,2017	7,8E-04	6,90E-06	4,39E-07	39/82
55.	426,2258	0,0025	5,9 ppm	426,1997	7,6E-04	4,24E-06	3,63E-07	40/83
56.	426,2207	0,0016	3,8 ppm	426,2008	7,5E-04	2,61E-06	2,64E-07	39/82
57.	426,2172	0,0013	3,1 ppm	426,1993	7,3E-04	1,60E-06	2,30E-07	40/83
58.	426,2126	0,0018	4,2 ppm	426,1989	7,2E-04	9,87E-07	1,65E-07	36/76
59.	440,1962	0,01045	24 ppm	426,1981	0,003556	1,31	8,98E-04	8/19
60.	436,9285	0,003988	9,1 ppm	426,1975	0,003590	0,806	7,09E-04	11/25
61.	434,4561	0,003524	8,1 ppm	426,1975	0,003676	0,496	5,68E-04	14/32
62.	432,5964	0,003986	9,2 ppm	426,1983	0,003754	0,305	4,56E-04	20/43
63.	431,1544	0,003619	8,4 ppm	426,1978	0,003778	0,187	3,59E-04	19/41
64.	430,0576	0,005782	13 ppm	426,1950	0,003723	0,115	2,78E-04	24/51
65.	429,2021	0,008794	20 ppm	426,1973	0,003817	0,0709	2,23E-04	26/56
66.	428,5493	0,007669	18 ppm	426,2003	0,003777	0,0436	1,73E-04	28/59
67.	428,0342	0,009229	22 ppm	426,1997	0,003831	0,0268	1,38E-04	36/76
68.	427,6373	0,00751	18 ppm	426,2022	0,00382	0,0165	1,08E-04	35/74
69.	427,3240	0,00715	17 ppm	426,1977	0,00382	0,0101	8,50E-05	41/85
70.	427,0834	0,00447	10 ppm	426,2007	0,00363	0,00623	6,34E-05	40/84
71.	426,8934	0,00326	7,6 ppm	426,1975	0,00300	0,00383	4,13E-05	36/76
72.	426,7430	0,00308	7,2 ppm	426,1985	0,00248	0,00236	2,68E-05	40/83
73.	426,6240	0,00287	6,7 ppm	426,1980	0,00209	0,00145	1,76E-05	36/75
74.	426,5333	0,00251	5,9 ppm	426,2003	0,00179	8,91E-04	1,18E-05	40/83
75.	426,4612	0,00259	6,1 ppm	426,1980	0,00155	5,48E-04	8,07E-06	40/83
76.	426,4050	0,00158	3,7 ppm	426,1998	0,00137	3,37E-04	5,53E-06	39/82
77.	426,3611	0,00262	6,1 ppm	426,2002	0,00122	2,07E-04	3,85E-06	40/83
78.	426,3268	0,00172	4,0 ppm	426,1982	0,00110	1,28E-04	2,79E-06	40/83
79.	426,2996	0,00183	4,3 ppm	426,1975	0,00101	7,84E-05	2,02E-06	40/83
80.	426,2783	0,00188	4,4 ppm	426,1990	9,43E-04	4,82E-05	1,45E-06	36/75
81.	426,2609	0,00175	4,1 ppm	426,1974	8,87E-04	2,97E-05	1,09E-06	40/83
82.	426,2484	0,00164	3,9 ppm	426,1989	8,43E-04	1,82E-05	7,97E-07	40/83
[83.	426,3578	0,0125	29 ppm	426,1624	8,10E-04	1,12E-05	3,12E-06	40/83]*
[84.	426,4337	0,0266	62 ppm	426,0728	7,38E-04	6,90E-06	5,27E-06	20/43]*
85.	426,2243	0,0019	4,4 ppm	426,1977	7,6E-04	4,24E-06	3,71E-07	39/82
[86.	426,2191	0,0022	5,2 ppm	426,1962	7,5E-04	2,61E-06	3,08E-07	39/82]*
87.	426,2147	0,0020	4,7 ppm	426,1991	7,3E-04	1,60E-06	1,96E-07	40/83
88.	426,2134	0,0021	4,9 ppm	426,1993	7,2E-04	9,87E-07	1,72E-07	36/76

*[Beiträge der Messung N° 25, 26, 27, 28, 29, 83, 84, 86 wurden durch den Prüfer von der mathematischen Betrachtung abgekoppelt.]

Tabellensymbole: F_w Betrag der gemittelten stationären Kraft bei Bewegung des Zylinders [mN], σ_{F_w} Standardabweichung der Kraftmesswerte des stationären Bereichs [mN], $\sigma_{F_w rel}$ relative Standardabweichung[-], F_p Auftriebskraft des ruhenden Zylinder inkl. Auftrieb der Suspension [mN], F_{hp} Auftriebskraft durch das tauchende Volumen der Suspension [mN], F_z Term für den Druckabfall durch die Bildung des Strömungsprofils (Kinetische Energie-Korrektur) [mN], F_{hn} Kraftwertmittelwert infolge der Flüssigkeitsreibung an der Suspension [mN], N/n Abtastung: Anzahl verwendeter (N) und '/' Anzahl vorhandener Kraftmesswerte (n) zur Bildung von F_w .

- In der Tabelle 2 sind die Mess- und Zwischenergebnisse zur Bilanzierung der Kräfte zusammengestellt. Die dabei in Betracht gezogene Messwerteauswahl ist in der letzten Spalte 'N/n' angegeben; durch den angewendeten Cutoff-Algorithmus werden Drückstöße und Pendelvorgänge besonders am Messkurvenanfang ausgeblendet (Das Diagramm 5, Force_Path, unterhalb, zeigt eine größere Wertemenge an, als für die Berechnung verwendet wird). Neben den statischen Korrekturen ist mit F_z die kinetischen Energie-Korrektur angegeben, die analog zu (Glas-)

→ Diagramm 5. Die 'Kraft-Weg-Rohdaten' - 'Force_Path'



- Diagramm 5, "Force_Path", zeigt die zur Bewegung am Messkörper auftretenden Kräfte Der Streckenbezug ('Position') gibt den Abstand der Messkörperunterseite vom Podest bzw. Gefäßboden an. -- Von den als Messkurven abgebildeten Daten wird lediglich ein zum Kurvenende hin gelegene Teilmenge zur Bestimmung der stationären Gesamtkraft (F_w) verwendet. Sofern sich kein ausreichend stationärer Verlauf zum Kurvenende hin ausbildet, können entsprechende Störungen - oder Probeneigenschaften - als Symptom verschiedener Ursachen gedeutet werden: ein Temperaturgefälle liegt vor, die Probe ist vertikal inhomogen, Mehrphasigkeit, Resonanz, Turbulenz (Re), die Probe scherverdünn, scherverfestigt (bewegzeitabhängig) im Ringspalt. Alle Kurven-Störungen betreffen die Angaben zu Noise und Messunsicherheit $\Sigma\sigma$. Das Gesamtvolumen im Ringspalt von 1,75 cm³ wird über die Bewegungstrecke von 10,9 mm komplett ausgetauscht.

Tabelle 3: Detaildaten zur Viskositätsmessung II.

N°	'Noise'	H _{Start}	L _{Cη}	D _{RSP}	ΔD _{RSP}	Ø _{Zyl.}	L _{Zyl.}	Σσ	Σσ _{rel.}
	[μPa/mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[μm]	[mm]	[mm]	[mPa·s]	

1.	2,38E-04	5,411	20,519	0,8512	-0,00654	14,2991	43,0801	0,0089	1,0%
2.	5,73E-05	5,029	22,526	0,8512	-0,00595	14,2991	43,0801	0,0089	1,0%
3.	9,86E-05	4,665	22,461	0,8512	-0,00551	14,2991	43,0801	0,0089	1,0%
4.	4,19E-04	4,190	24,201	0,8512	-0,00521	14,2991	43,0801	0,0091	1,0%
5.	2,91E-04	3,835	24,808	0,8512	-0,00632	14,2991	43,0801	0,0089	1,0%
6.	4,31E-04	3,496	25,374	0,8512	-0,00551	14,2991	43,0801	0,0091	1,0%
7.	8,67E-04	3,152	25,695	0,8512	-0,00690	14,2991	43,0801	0,0094	1,1%
8.	9,89E-04	2,949	26,224	0,8512	-0,00690	14,2991	43,0801	0,01	1,1%
9.	0,00120	3,308	25,923	0,8512	-0,00690	14,2991	43,0801	0,01	1,1%
10.	0,00192	3,041	26,101	0,8512	-0,00757	14,2991	43,0801	0,011	1,2%
11.	0,00256	2,865	26,687	0,8512	-0,00690	14,2991	43,0801	0,012	1,4%
12.	0,00382	2,817	24,618	0,8512	-0,00749	14,2991	43,0801	0,011	1,2%
13.	0,00405	2,719	19,324	0,8512	-0,00734	14,2991	43,0801	0,01	1,1%
14.	0,00937	2,499	15,301	0,8512	-0,00734	14,2991	43,0801	0,012	1,4%
15.	0,0201	2,527	9,238	0,8512	-0,00742	14,2991	43,0801	0,014	1,6%
16.	0,0292	2,441	7,301	0,8512	-0,00727	14,2991	43,0801	0,017	1,9%
17.	0,0644	2,377	5,734	0,8512	-0,00734	14,2991	43,0801	0,019	2,1%
18.	0,0859	2,359	4,520	0,8512	-0,00698	14,2991	43,0801	0,024	2,7%
19.	0,163	2,338	3,544	0,8512	-0,00639	14,2991	43,0801	0,033	3,6%
20.	0,143	2,314	2,785	0,8512	-0,00646	14,2991	43,0801	0,032	3,6%
21.	0,400	2,302	2,184	0,8512	-0,00815	14,2991	43,0801	0,05	5,5%
22.	0,615	2,286	1,711	0,8512	-0,00624	14,2991	43,0801	0,061	7,0%
23.	1,02	2,280	1,332	0,8512	-0,00602	14,2991	43,0801	0,078	8,9%
24.	1,12	2,274	1,050	0,8512	-0,00624	14,2991	43,0801	0,083	8,8%
[25.	2,93	2,268	0,816	0,8512	-0,00808	14,2991	43,0801	0,14	16%]*
[26.	3,36	2,264	0,641	0,8512	-0,00705	14,2991	43,0801	0,15	16%]*
[27.	4,59	2,262	0,506	0,8512	-0,00705	14,2991	43,0801	0,16	18%]*
[28.	9,98	2,257	0,395	0,8512	-0,00492	14,2991	43,0801	0,23	26%]*
[29.	16,9	2,256	0,311	0,8512	-0,00419	14,2991	43,0800	0,31	34%]*
30.	2,08E-04	6,186	20,119	0,8512	-0,00389	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
31.	4,13E-05	4,579	22,664	0,8512	-0,00375	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
32.	2,43E-05	4,419	23,183	0,8512	-0,00404	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
33.	1,29E-04	3,816	24,756	0,8512	-0,00404	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
34.	3,11E-04	3,542	25,252	0,8512	-0,00411	14,2991	43,0800	0,009	1,0%
35.	3,07E-04	3,615	25,137	0,8512	-0,00404	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
36.	7,05E-04	3,425	25,514	0,8512	-0,00426	14,2991	43,0800	0,0093	1,1%
37.	0,00118	3,095	26,010	0,8512	-0,00426	14,2991	43,0800	0,0098	1,1%
38.	0,00140	3,139	25,923	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,0099	1,1%
39.	0,00144	3,086	26,143	0,8512	-0,00441	14,2991	43,0800	0,011	1,2%
40.	0,00427	2,790	24,724	0,8512	-0,00433	14,2991	43,0800	0,011	1,2%
41.	0,00893	2,719	19,449	0,8512	-0,00455	14,2991	43,0800	0,012	1,3%
42.	0,00949	2,630	15,136	0,8512	-0,00426	14,2991	43,0800	0,012	1,3%
43.	0,0167	2,525	11,924	0,8512	-0,00470	14,2991	43,0800	0,014	1,6%
44.	0,0268	2,476	9,310	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,016	1,8%
45.	0,0307	2,434	7,302	0,8512	-0,00441	14,2991	43,0800	0,016	1,8%
46.	0,0654	2,395	5,740	0,8512	-0,00426	14,2991	43,0800	0,02	2,2%
47.	0,101	2,364	4,486	0,8512	-0,00441	14,2991	43,0800	0,025	2,8%
48.	0,186	2,307	3,567	0,8512	-0,00397	14,2991	43,0800	0,034	3,8%
49.	0,227	2,323	2,767	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,036	4,1%
50.	0,344	2,306	2,163	0,8512	-0,00426	14,2991	43,0800	0,05	5,4%
51.	0,609	2,285	1,706	0,8512	-0,00433	14,2991	43,0800	0,063	6,9%
52.	0,695	2,281	1,335	0,8512	-0,00455	14,2991	43,0800	0,065	7,2%
53.	1,01	2,274	1,041	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,086	9,7%
54.	3,11	2,268	0,817	0,8512	-0,00441	14,2991	43,0800	0,13	15%
55.	5,45	2,264	0,646	0,8512	-0,00389	14,2991	43,0800	0,17	18%
56.	4,88	2,262	0,503	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,18	20%
57.	6,27	2,258	0,398	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,21	21%
58.	15,8	2,257	0,309	0,8512	-0,00419	14,2991	43,0800	0,3	32%
59.	1,95E-04	5,061	21,269	0,8512	-0,00389	14,2991	43,0800	0,009	1,0%
60.	6,07E-05	4,578	22,683	0,8512	-0,00404	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
61.	5,57E-05	4,788	22,584	0,8512	-0,00411	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
62.	2,08E-04	3,816	24,756	0,8512	-0,00441	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
63.	2,47E-04	3,986	24,657	0,8512	-0,00448	14,2991	43,0800	0,0089	1,0%
64.	4,79E-04	3,733	24,789	0,8512	-0,00455	14,2991	43,0800	0,0091	1,0%
65.	8,16E-04	3,512	25,520	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,0094	1,1%
66.	8,49E-04	3,237	25,723	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,0096	1,1%
67.	0,00133	2,971	26,370	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,01	1,1%
68.	0,00192	3,044	26,185	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,011	1,2%
69.	0,00252	2,799	26,685	0,8512	-0,00485	14,2991	43,0801	0,011	1,2%
70.	0,00441	2,845	24,831	0,8512	-0,00536	14,2991	43,0801	0,011	1,2%
71.	0,00618	2,824	19,324	0,8512	-0,00499	14,2991	43,0801	0,011	1,2%
72.	0,00842	2,630	15,187	0,8512	-0,00499	14,2991	43,0801	0,012	1,3%
73.	0,0145	2,577	11,793	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,014	1,6%
74.	0,0234	2,476	9,310	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,015	1,7%
75.	0,0413	2,434	7,317	0,8512	-0,00499	14,2991	43,0801	0,018	2,0%
76.	0,0407	2,389	5,740	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,018	2,0%
77.	0,113	2,359	4,486	0,8512	-0,00470	14,2991	43,0800	0,027	3,1%
78.	0,124	2,338	3,537	0,8512	-0,00470	14,2991	43,0800	0,028	3,1%
79.	0,200	2,314	2,776	0,8512	-0,00492	14,2991	43,0801	0,035	3,9%
80.	0,327	2,314	2,158	0,8512	-0,00492	14,2991	43,0801	0,045	5,1%
81.	0,582	2,288	1,709	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,055	6,1%
82.	0,834	2,280	1,335	0,8512	-0,00485	14,2991	43,0801	0,068	7,7%
[83.	4,61	2,276	1,045	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,35	7,6%]*
[84.	16,5	2,268	0,426	0,8512	-0,00477	14,2991	43,0800	0,88	8,1%]*
85.	4,17	2,264	0,640	0,8512	-0,00353	14,2991	43,0800	0,15	16%
[86.	7,68	2,261	0,504	0,8512	-0,00463	14,2991	43,0800	0,21	20%]*
87.	11,2	2,257	0,397	0,8512	-0,00367	14,2991	43,0800	0,25	30%

*[Angaben der Messung N° 25, 26, 27, 28, 29, 83, 84, 86 wurden durch den Prüfer von der mathematischen Auswertung abgekoppelt.]

Tabellensymbole: *Noise* Mittelwert von Auslenkungen und höherfrequenten Lastschwankungen 'Schergredienten Fluktuation' im Kurvenzug der Messkraft bestimmt. Der Wert ist über die Geschwindigkeit und Messkörper-mantelfläche normiert [$\mu\text{Pa}/\text{mm}$], H_{Start} Positionshöhe des ersten Messwertes zur stationären Kraft [mm], L_{cp} Länge der Suspension, deren Flüssigkeitsreibung und Auftrieb zur Korrektur der Kraft angewendet wird [mm]. D_{RSP} Weite des Ringspalts zwischen Zylindermesskörper und Röhre bei der Temperatur [mm], ΔD_{RSP} Änderung der Spaltweite durch Abweichung von der Bezugstemperatur 25°C [μm], θ_{zyl} Durchmesser des Messzylinders [mm], L_{zyl} Länge des Messzylinders [mm]. $\Sigma\sigma$ Absolute Summe der Unsicherheitsbeiträge, die dem jeweiligen Viskositätswert beigeordnet wird [mPa·s] und $\Sigma\sigma_{\text{rel}}$ relative Unsicherheit des Viskositätswertes.

- Die Spalte 'Noise' in Tabelle 3 stellt die Auswertung der 'Modulationen der stationären Kraft' aus Lastschwankung in aufeinander folgenden Kraftmesswerten im Verhältnis zur dabei zurückgelegten Bewegungstrecke dar ($\Delta F/\Delta s$); Steigungen im Verlauf der Stationärkraft werden ebenfalls in 'Noise' aufsummiert und bilanziert. Als oszillierende Mikrobeschleunigungen mit Extremwerten bei bestimmten Scherraten (und Proben) kann der Resonanzeffekt auf Inhomogenitäten in der Probe hindeuten. Die folgenden Rubriken geben gemessene und berechnete geometrische Gegebenheiten der jeweiligen Messung wieder. Die individuellen Gesamtfehlersummen werden in den beiden letzten Spalten ausgegeben; bei idealer Kalibrierung und konformem Aufbau ist der tatsächlich einzuräumende Gesamtfehler um die bedeutenden Beiträge aus den geometrischen Unsicherheiten vermindert!

• 4. DICHTE-MESSUNG

87 Messwerte; Zeitbereich 1 bis 76 min, Temperatur $\Delta T = 0,103 \text{ K}$

Angabewert bei 76 min: $\rho_{25,1^\circ\text{C}} = 0,77400 \pm 0,000064 \text{ g/cm}^3$ bzw. $\pm 83 \text{ ppm}$ (298,25 K, 97,59 kPa)

Streuung: $\pm 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ absolute bzw. 34 ppm relative Standardabweichung

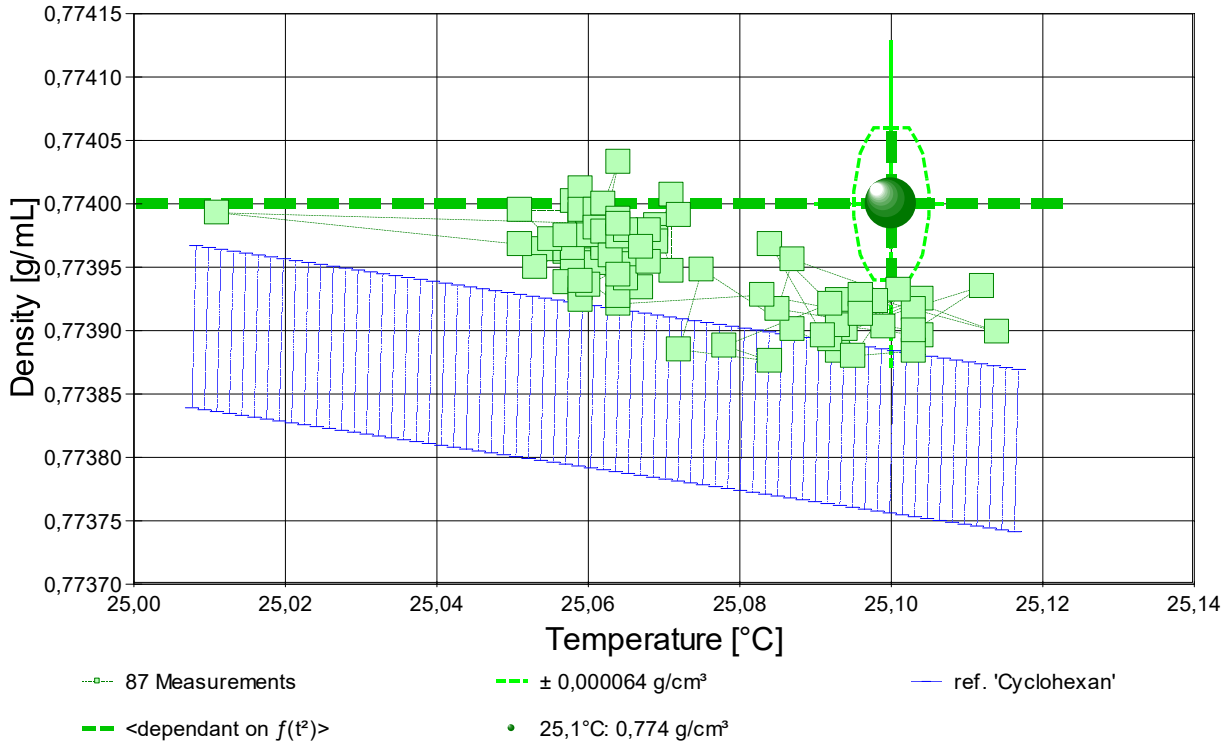
Berechnung: **extrapolierte** lineare Regressionsgleichung zeitabhängig.

Zeitgleichung durch Regression zwischen Minute 1 und 76:

$$\rho(t[\text{min}]) = 0,773908 + 1,189\text{E-}6 \cdot t \text{ mit } r^2 = 0,50, s^2 = 6,65\text{E-}10$$

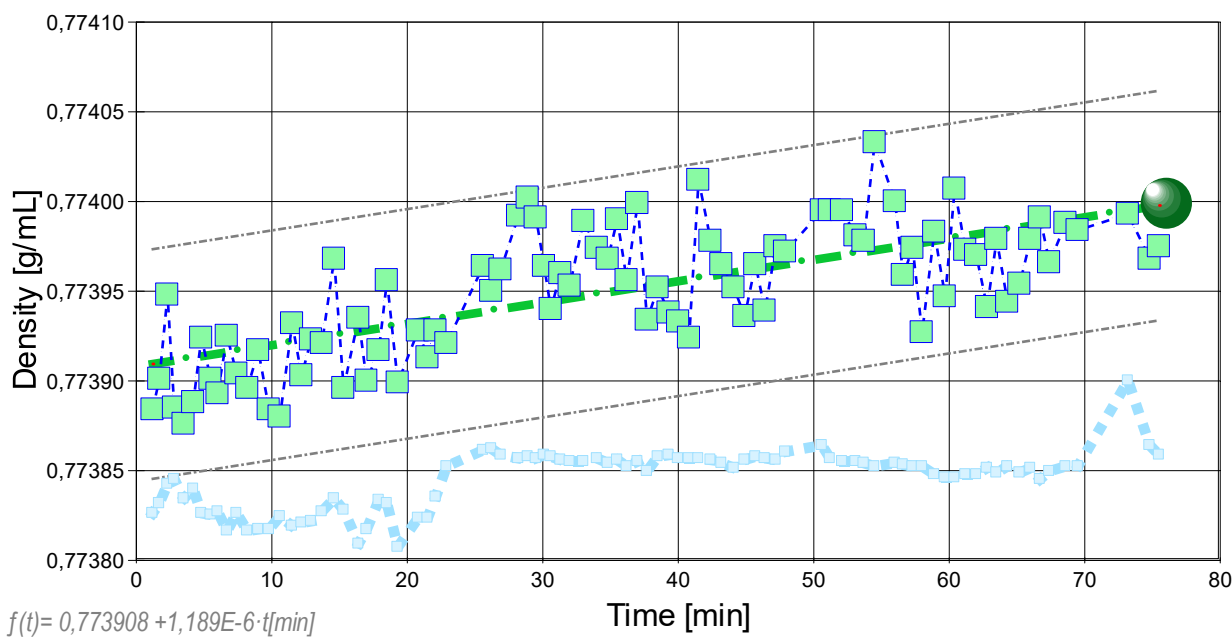
- Die Messdaten werden automatisch analysiert. Ergebnis und ermittelte Formeln stellen Vorschläge dar, wobei sich aus den Umständen der Messung ggf. andere Zusammenhänge ergeben können. Der Korrelationskoeffizient zeigt die Qualität der gegenseitigen Abhängigkeit an (wobei ' $r^2=0,50$ ' eine nicht vorhandene Korrelation anzeigt). Die Präzision zwischen den Messwerten und der Regressionsgleichung wird durch die Varianz (s^2) der Residuen qualifiziert - die Standardabweichung ($\sqrt{s^2}$) sollte deutlich kleiner als die anzunehmende Messunsicherheit sein.

-> Diagramm 6. Temperaturabhängigkeit der Dichte - 'rho-Temp.'



- Das Diagramm 6, "rho-Temp.", zeigt die 87 Dichtemesswerte als Quadratsymbol bei der jeweils beigemessenen Temperatur. Der Angabewert bei 25,1°C für die Cyclohexan-Probe ist als Kugel abgebildet; der Bereich der Messunsicherheit wird durch gestrichelte Linien ausgewiesen. In Markierungsbreite der Messunsicherheit ist die Referenzfunktion von 'Cyclohexan-' aus der Datenbank abgebildet.

-> Diagramm 7. Zeitverlauf der Dichtemesswerte - 'rho-f(t)'



- Im Diagramm 7, " ρ - $f(t)^2$ ", sind die einzelnen Messwerte als Quadrate in zeitlicher Sequenz abgebildet. Die Darstellung zeigt die Dichtewerte entsprechend der chronologischen Abfolge der Visko-Scherraten

Tabelle 4: Daten der Dichtemessung

N°	t	ϑ	ρ	H	ω	$\Delta\rho_\omega$	N	F _A	F _{korr.}
IDN°14794	[min]	[°C]	[g/cm³]	[mm]	[s]	[g/cm³]	Werte & Trend	[mN]	[mN], TSymb.
1.	1,2	25,093	0,77388	2,248	3,3	-4,1E-05	3 ₂₉ ⇌	426,204	0,001 ‡
2.	1,7	25,087	0,77390	2,248	3,3	-8,0E-06	3 ₃₀ ↑	426,203	0,001 ‡
3.	2,3	25,075	0,77395	2,248	3,3	-1,7E-05	3 ₃₁ ↑	426,201	0,001 ‡
4.	2,8	25,072	0,77389	2,248	9,5	-2,5E-05	10 ₃₁ ↗	426,204	0,001 ‡
5.	3,5	25,084	0,77388	2,248	8,8	-5,0E-05	9 ₃₀ ←	426,204	0,001 ‡
6.	4,2	25,078	0,77389	2,248	6,1	-3,8E-05	6 ₃₁ ⇌	426,204	0,001 ‡
7.	4,8	25,093	0,77392	2,248	5,2	-3,5E-05	5 ₃₀ →	426,202	0,001 ‡
8.	5,5	25,094	0,77390	2,248	5,2	-4,2E-05	5 ₂₉ ⇌	426,203	0,001 ‡
9.	6,0	25,092	0,77389	2,248	6,1	-6,7E-05	6 ₃₀ ↗	426,203	0,001 ‡
10.	6,7	25,104	0,77393	2,248	6,1	-9,2E-08	6 ₂₉ ⇌	426,202	0,001 ‡
11.	7,4	25,093	0,77390	2,248	5,8	-1,1E-05	6 ₃₀ ⇌	426,203	0,001 ‡
12.	8,2	25,104	0,77390	2,248	7,0	-1,8E-05	7 ₂₉ ↗	426,204	0,001 ‡
13.	9,0	25,103	0,77392	2,248	4,3	-2,5E-05	4 ₃₀ ⇌	426,202	0,001 ‡
14.	9,8	25,103	0,77388	2,248	6,2	-5,2E-05	6 ₂₉ ←	426,204	0,001 ‡
15.	10,6	25,095	0,77388	2,248	8,7	-4,4E-05	9 ₂₈ ⇌	426,205	0,002 ‡
16.	11,5	25,101	0,77393	2,248	6,1	-5,1E-06	6 ₃₀ ↗	426,202	0,002 ‡
17.	12,2	25,099	0,77390	2,248	5,0	-4,0E-05	5 ₃₁ ←	426,204	0,002 ‡
18.	12,9	25,098	0,77392	2,248	4,9	-3,9E-05	5 ₂₉ ⇌	426,202	0,001 ‡
19.	13,7	25,092	0,77392	2,248	9,9	1,0E-05	10 ₃₀ ⇌	426,202	0,001 ‡
20.	14,6	25,084	0,77397	2,248	3,3	4,0E-05	3 ₃₀ ↗	426,199	0,001 ‡
21.	15,3	25,091	0,77390	2,248	21,5	-3,7E-05	5 ₂₉ →	426,204	0,001 ‡
22.	16,4	25,112	0,77394	2,248	3,3	-4,4E-05	3 ₂₈ ↗	426,202	0,002 ‡
23.	17,0	25,103	0,77390	2,248	13,0	-8,0E-05	14 ₂₉ ⇌	426,203	0,001 ‡
24.	17,9	25,085	0,77392	2,248	3,4	-1,3E-05	3 ₃₀ ↗	426,202	0,001 ‡
25.	18,5	25,087	0,77396	2,248	7,0	9,4E-06	7 ₃₀ ⇌	426,200	0,001 ‡
26.	19,3	25,114	0,77390	2,248	5,3	-8,0E-05	5 ₂₈ ⇌	426,203	0,001 ‡
27.	20,8	25,096	0,77393	2,248	7,8	-2,7E-05	7 ₅₉ ⇌	426,201	0,001 ‡
28.	21,5	25,096	0,77391	2,248	3,3	-1,0E-05	4	426,202	0,001 ‡
29.	22,1	25,083	0,77393	2,248	5,0	-2,4E-05	6	426,200	0,000 ‡
30.	22,9	25,064	0,77392	2,248	13,1	-8,3E-05	15	426,202	0,001 ‡
31.	25,6	25,054	0,77396	2,248	2,2	-4,0E-05	3	426,199	0,001 ‡
32.	26,2	25,053	0,77395	2,248	4,9	-4,4E-05	6	426,201	0,002 ‡
33.	26,9	25,057	0,77396	2,248	5,1	-7,6E-05	6	426,200	0,002 ‡
34.	28,2	25,059	0,77399	2,248	2,3	-7,2E-05	3	426,197	0,000 ‡
35.	28,9	25,058	0,77400	2,248	4,2	-1,7E-06	5	426,198	0,002 ‡
36.	29,5	25,059	0,77399	2,248	2,2	4,7E-05	3	426,198	0,001 ‡
37.	30,1	25,057	0,77396	2,248	2,3	-2,9E-05	3	426,199	0,001 ‡
38.	30,6	25,058	0,77394	2,248	9,4	-5,2E-05	11	426,201	0,001 ‡
39.	31,3	25,060	0,77396	2,248	6,0	-9,6E-05	7	426,200	0,002 ‡
40.	32,0	25,061	0,77395	2,248	8,6	1,7E-06	10	426,201	0,002 ‡
41.	33,0	25,061	0,77399	2,248	4,0	-4,0E-05	5	426,198	0,001 ‡
42.	34,0	25,059	0,77397	2,248	2,3	-1,9E-05	3	426,199	0,001 ‡
43.	34,8	25,062	0,77397	2,248	4,2	1,2E-05	5	426,200	0,002 ‡
44.	35,5	25,060	0,77399	2,248	4,2	-1,7E-05	5	426,198	0,001 ‡
45.	36,2	25,064	0,77396	2,248	5,9	-3,4E-05	7	426,200	0,001 ‡
46.	37,0	25,061	0,77400	2,248	2,2	3,0E-05	3	426,197	0,001 ‡
47.	37,7	25,067	0,77393	2,248	5,7	-6,7E-05	7	426,201	0,001 ‡
48.	38,5	25,058	0,77395	2,248	5,9	-2,9E-05	7	426,200	0,001 ‡
49.	39,3	25,057	0,77394	2,248	5,7	-3,2E-05	7	426,201	0,001 ‡
50.	40,0	25,059	0,77393	2,248	5,4	-1,5E-05	6	426,200	0,000 ‡

51.	40,8	25,059	0,77392	2,248	6,8	-2,4E-05	8	426,202	0,001 ‡
52.	41,5	25,059	0,77401	2,248	6,7	3,4E-05	8	426,197	0,002 ‡
53.	42,4	25,060	0,77398	2,248	2,2	-3,5E-05	3	426,199	0,001 ‡
54.	43,2	25,062	0,77396	2,248	15,0	1,3E-05	17	426,200	0,001 ‡
55.	44,1	25,065	0,77395	2,248	6,0	-4,2E-05	7	426,201	0,002 ‡
56.	44,9	25,060	0,77394	2,248	9,7	-2,4E-05	11	426,202	0,002 ‡
57.	45,7	25,058	0,77396	2,248	5,0	-6,7E-06	6	426,200	0,001 ‡
58.	46,4	25,059	0,77394	2,248	7,8	-2,9E-05	9	426,201	0,001 ‡
59.	47,2	25,060	0,77397	2,248	5,0	-3,4E-06	6	426,199	0,002 ‡
60.	47,9	25,055	0,77397	2,248	5,0	3,4E-06	6	426,199	0,001 ‡
61.	50,6	25,051	0,77400	2,248	5,9	1,7E-06	7	426,198	0,002 ‡
62.	51,2	25,059	0,77399	2,248	7,7	-5,1E-06	9	426,198	0,001 ‡
63.	52,1	25,061	0,77399	2,248	5,9	-2,2E-05	7	426,198	0,001 ‡
64.	53,1	25,061	0,77398	2,248	5,0	-1,9E-05	6	426,198	0,001 ‡
65.	53,7	25,062	0,77398	2,248	2,3	-2,7E-05	3	426,198	0,000 ‡
66.	54,5	25,064	0,77403	2,248	6,8	5,1E-06	8	426,195	0,001 ‡
67.	56,0	25,062	0,77400	2,248	6,2	-3,4E-05	7	426,197	0,001 ‡
68.	56,6	25,063	0,77396	2,248	6,1	-6,7E-05	7	426,200	0,002 ‡
69.	57,3	25,064	0,77397	2,248	6,0	-8,4E-06	7	426,200	0,002 ‡
70.	58,0	25,064	0,77393	2,248	13,5	-6,6E-05	15	426,202	0,002 ‡
71.	58,9	25,069	0,77398	2,248	3,4	-2,0E-05	4	426,198	0,001 ‡
72.	59,7	25,071	0,77395	2,248	3,1	-2,7E-05	4	426,201	0,001 ‡
73.	60,4	25,071	0,77401	2,248	5,0	-5,1E-06	6	426,198	0,002 ‡
74.	61,2	25,069	0,77397	2,248	8,5	-5,1E-06	10	426,199	0,001 ‡
75.	62,0	25,069	0,77397	2,248	2,2	5,1E-06	3	426,198	0,000 ‡
76.	62,8	25,065	0,77394	2,248	3,1	0	4	426,200	0,001 ‡
77.	63,5	25,068	0,77398	2,248	2,2	-1,0E-05	3	426,198	0,001 ‡
78.	64,3	25,064	0,77394	2,248	6,8	-8,4E-06	8	426,200	0,000 ‡
79.	65,2	25,068	0,77395	2,248	5,9	-4,7E-05	7	426,200	0,001 ‡
80.	66,0	25,065	0,77398	2,248	2,3	-3,0E-05	3	426,198	0,001 ‡
81.	66,7	25,072	0,77399	2,248	3,1	-2,9E-05	4	426,198	0,001 ‡
82.	67,4	25,067	0,77397	2,248	14,4	-2,0E-05	16	426,199	0,001 ‡
83.	68,6	25,064	0,77399	2,248	5,0	-2,4E-05	6	426,197	0,001 ‡
84.	69,5	25,064	0,77398	2,248	6,8	-1,5E-05	8	426,199	0,002 ‡
[85.	70,5	25,065	0,77457	2,248	20,7	4,0E-05	23	426,162	0,000 ‡]*
[86.	72,2	25,065	0,77620	2,248	22,5	-0,0012	25	426,073	0,007 ‡]*
87.	73,2	25,011	0,77399	2,248	2,2	2,0E-05	3	426,198	0,001 ‡
[88.	74,0	25,061	0,77402	2,248	2,2	2,7E-05	3	426,196	0,001 ‡]*
89.	74,8	25,051	0,77397	2,248	4,9	-3,4E-05	6	426,199	0,001 ‡
90.	75,5	25,057	0,77397	2,248	16,9	-2,5E-05	19	426,199	0,002 ‡

*[Beiträge der Messung N° 85, 86, 88 wurden durch den Prüfer von den Resultaten ausgenommen.]

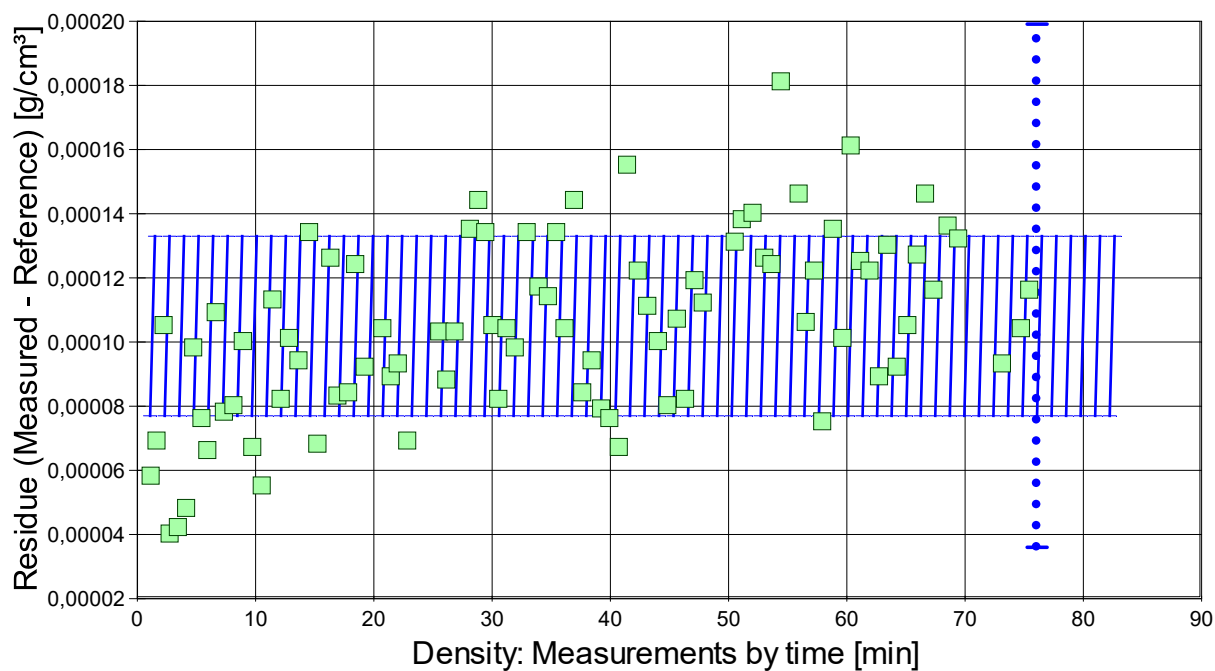
Tabellensymbole: *t* Zeitpunkt [min], *θ* Temperatur [°C], *ρ* Dichte [g/cm³], *H* Positionshöhe der Messkörperunterkannte über der Nullhöhe beim Dichtemesswert [mm], *ω* Beobachtungsdauer der aufgezeichneten Auftriebsmessung [s], $\Delta\rho_\omega$ Dichteänderung in der Beobachtungszeit [g/cm³], *N* Anzahl Auftriebsmesswerte ggf. mit Wägwertezahl und Trend anzeigenden Symbolen, *F_A* Gewicht des Messkörpers in der Probe (Roh-wert der Auftriebskraft) [mN], *F_{kor.}* zuvor gemessene Referenzkraft - d.h. bei abgetrenntem Messkörper mit berechneter Korrektur der Auftriebskraft der austauchenden Suspensionslänge [mN].

- Die 'Nullhöhe' ist die vertikale Position zu der der Messkörper just auf dem Gefäßboden oder Podest steht (*H*=0mm). Die zu *F_{kor.}* nachgestellten Zeichen '°‡' oder '‡' symbolisieren die jeweils angewandten Mess- und Korrekturverfahren ('°' für Dichtemesswerte nach klassischem Verfahren, '‡' für absolute Werte mit Drift- und Meniskuseliminierung (Patentverfahren)). '†' steht für 'übertragene Korrekturkraft')

• 5. REFERENZ VERGLEICH

Beurteilung von Viskositäts- und Dichtemessungen anhand der Residuen: Die Differenzen zwischen Messwerten und zur jeweiligen Temperatur berechneten Sollwerten des Referenzeintrags *Cyclohexan* wird in den Diagrammen unten dargestellt. Die Abbildung der Differenzwerte entspricht der zeitlichen Abfolge der Messwerte. .

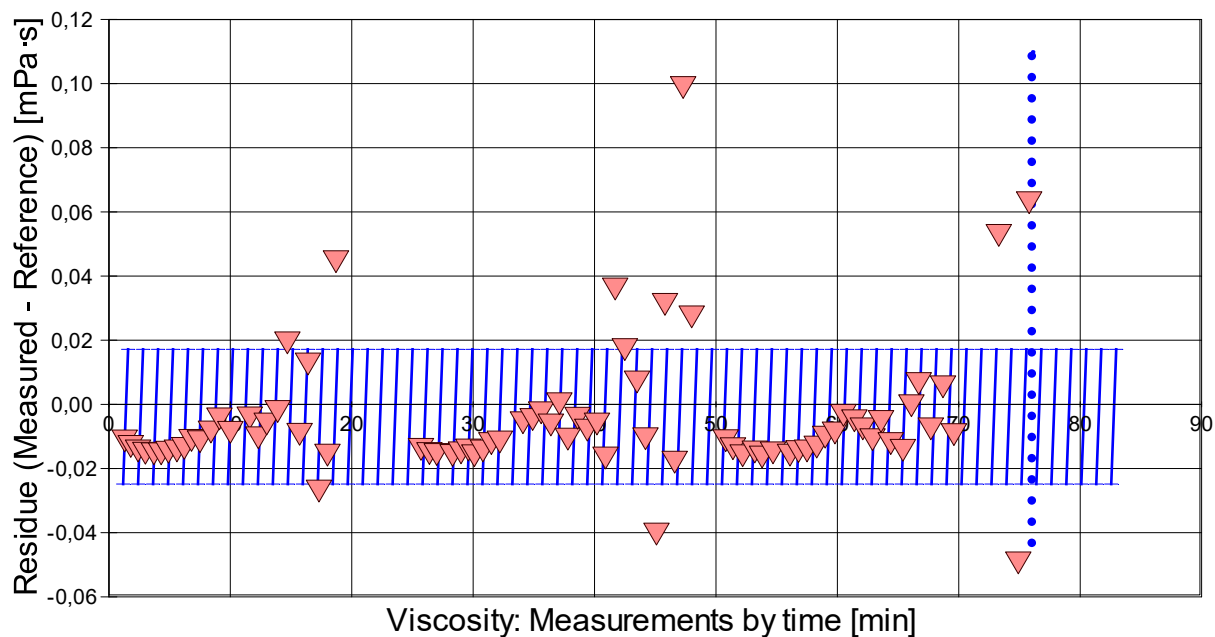
- **VORSICHT** Die Bedeutung des automatischen Vergleichs mit jeweiligen Referenzwerten ist völlig von der Richtigkeit und Präzision der hinterlegten Stoffdaten abhängig. → *Diagramm 7. Referenzabweichung der Dichtemesswerte - 'rho-Residuen'*



Reference values for 'Cyclohexan' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=0.77391 - 9.00\text{E-}4 \cdot (T - 25)$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $1,05\text{E-}04 \pm 2,8\text{E-}05 \text{ g/cm}^3$, relative: $+0,14\%$ at a spread of 36 ppm

- Das Chart N°8, "rho-Residuen", zeigt temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Dichtemesswerte zum jeweiligen Wert des Referenzwertes in der zeitlichen Sequenz der Messung. In der Diagrammunterschrift ist die Berechnungsfunktion der Referenzwerte angegeben sowie das mittlere Residuum und die Standardabweichung der Residuen, die im Diagramm schraffiert eingezeichnet ist.

- Diagramm 8. Referenzabweichung der Viskositätsmesswerte - 'eta-Residuen'



Reference values for 'Cyclohexan' acc. to $f(T[^\circ\text{C}])=\exp(-6.2946+2340.1/(80.1952 + T + 273.15))$
 Mean and Standarddev. of Residuals: $-0,00384 \pm 0,021 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, relative: $-0,43\%$ at a spread of 2,4%

- Das Chart N°9, "eta-Residuen", zeigt temperaturkompensierte Abweichungen der einzelnen Viskositätsmesswerte zum jeweiligen Wert des Referenzwertes in der zeitlichen Sequenz der Messung. In der Diagrammunterschrift ist die Berechnungsfunktion der Referenzwerte angegeben sowie das mittlere Residuum und die Standardabweichung der Residuen, die im Diagramm schraffiert eingezeichnet ist.

• 6. ANGABEN ZUR KONFIGURATION

a) **Messkörper:** Name *MK_ESA1a*, b) IdentN° 7022, c) Spaltweite 0,851 mm.

d) **Mess- und Auswertungsverfahren:** Axio-Rheometrie. e) Konfigurationstyp DiVA-A (I++).

f) **Messkörperdaten:** Messzylindermasse $48,1349 \pm 0,0003 \text{ g}$, ~volumen $6,054 \pm 0,0005 \text{ cm}^3$, ~durchmesser $14,2991 \pm 0,001 \text{ mm}$, ~länge $43,08 \pm 0,001 \text{ mm}$, ~kub. Ausdehnungskoeffizient $53,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. g) **Messzylindersuspension:** Querschnitt $0,0201 \text{ mm}^2$, Umfang $0,502 \text{ mm}$, h) **Aufhängungsart:** IMETER-Patentverfahren (*drift- und fehlerfreie Dichtemessung*).

i) **Behälter/Röhre:** Durchmesser $16,0015 \pm 0,0005 \text{ mm}$, ~kub. Ausdehnungskoeffizient $20 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

j) **Bezugstemperatur:** für Abmessungen und Ausdehnungskoeffizienten 25°C .

k) **Kinetische Energie:** Faktor Zeta: $\zeta = 1,37$.

Individuelle Werte: l) Offset-Korrektur: $F_\theta = 0,0029 \text{ mN}$. m) Höhe der Flüssigkeitssäule über der Nulllage: $76,3 \text{ mm}$, max. Bewegungstrecke in der Phase: $33,2 \text{ mm}$.

ⁿ⁾ **Messunsicherheiten des Ergebnisses:** Die Unsicherheit der Viskositätsangabe wurde aus dem Mittelwert der relativen Messunsicherheiten der Einzelmessungen zu 6,2% bestimmt; die ^{o)} Messunsicherheit der Dichte $\pm 0,000064 \text{ g/cm}^3$ stammt von oben genannten Unsicherheitsangaben zu Messkörpervolumen und -masse sowie von den gegebenen Spezifikationen zur Kraft- und Temperaturmessung.

- **Die Messunsicherheit** des einzelnen Viskositätsmesswertes wird aus den folgenden Unsicherheitsquellen bestimmt: 1.: der geometrischen Toleranzangaben zu Messkörperdurchmesser, 2.: zur Länge und 3.: zum Radius des Gefäßes. Individuell aus 4.: der Standardabweichung der Messkraft ($\sigma_{F1/2}$), 5.: der Exzentrizität pauschal zu 0.5% (v.M.), 6.: der Unsicherheit der Kalibrierung zu 0.5% (v.M.), 7.: der Geschwindigkeitsangabe zu 0.1% , 8.: pro Grad Temperaturmessunsicherheit werden 5% (v.M.) angesetzt. - Die Gesamtunsicherheiten einer Messung wird aus der Wurzel der Quadratesumme der Einzelunsicherheiten berechnet; diese sind summarisch zu jeder Einzelmessung angegeben in der Spalte σ_n von Tabelle 3, Detaildaten zur Viskositätsmessung II., und in den jeweiligen Diagrammen eingezeichnet.

Temperaturangaben beziehen sich auf die Skala der ITS-90. **Standardabweichungen:** Verschiedentlich werden Regressionsfunktionen mit Standardabweichungen bzw. Varianzen qualifiziert. Diese Angaben werden berechnet aus der Summe der Quadrate der Abweichungen der Einzelwerte zu jeweils berechneten Funktionswerten dividiert durch die Anzahl der Werte weniger 1. Sofern nicht anders bezeichnet, werden für \pm (Standardmess-)Unsicherheiten einfache Standardabweichungen - ohne Erweiterungsfaktoren - angegeben, d.h. die Überdeckung betrifft 67% der Werte.

Programm

Data created during execution of the IMPro "DiVA-A1", type 5/ ©MSB (the digital twin of process IDN°14794 provides on demand reports with more details, audit-log protocol and structured raw data)

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZA224) wurde 4,7 Stunden vor dieser Messung von *Labor* justiert.

IMETER ID23903733: Technische Daten: Auflösung des Wägesystems 0,1 mg, Messunsicherheit (Linearität) 0,2 mg, Dichte der Justiermasse $\rho_{\text{cal}} 8,000 \text{ g/cm}^3$, Luftdichte ρ_{air} vgl. Tabelle unten; Schwerebeschleunigung $g 9,80769 \text{ m/s}^2$. Pt100-Temperaturmessung: Auflösung 0,001[K], Messunsicherheit $\pm 0,01$ [K], $R^\circ 100,0018$ [Ohm], AutoCal 60[min] (BN° 3, -10/100°C, 4S, FS15, Offset: -0,0361). Die Messauflösung der sekundären Temperaturmessung beträgt 0,01 K, die Unsicherheit 0,03 K. Akquisitions-Softwareversion IMETER 7.0.53, LizenzN° *3037-4759*, W. 6.2- Betriebssystem auf PC Ser.N°6995684 (C, SSD).

Meteorologische Angaben, Luftdichte:

Time [min]	ϕ [%]	T_a [°C]	p_a [kPa]	ρ_{air} [kg/m ³]
0,9	50,63	21,82	97,19	1,14227
25,3	48,37	21,49	97,193	1,14398
50,2	50,17	21,71	97,206	1,14297

Obige Zusammenstellung gibt die Aufzeichnung der Atmosphärendaten für den Aufstellort wieder; darin bedeuten ϕ relative Luftfeuchte (r.H.), T_a Lufttemperatur und p_a absoluter Luftdruck, ρ_{air} die Luftdichte; Die Luftdichte wird dabei aus den Druck-, Temperatur- und Luftfeuchtwerten berechnet.

Kommentar/Bewertung/Interpretation:

Reynoldszahl auch bei höheren Scherraten (gegen 1000/s) unkritisch. Messkurven verlaufen deckungsgleich (Force-Path, Diagramm). Perfekt Newtonsch. Interessant ist, dass die Viskosität von n-Hexan (anderes Beispiel) nur etwa 1/3 der von Cyclohexan entspricht. Der minimale Yield Stress (20 μPa) sollte nicht vorhanden sein, praktisch kann er vernachlässigt werden. Die Temperierung zeigt sich als nicht ganz perfekt.

"Nachtägliche Anmerkungen" sind Anmerkungen, die nach Abschluss des Messablaufs angefügt wurden.